



III CONGRESSO ON-LINE  
INTERNACIONAL  
DE SUSTENTABILIDADE

## UTILIZAÇÃO DE BIOCARVÃO PARA CONCILIAÇÃO DE PRODUÇÃO VEGETAL SOB IRRIGAÇÃO SALINA

ALICE FONTOURA PEDROZO; ANTÔNIO GILVAN DA CRUZ DE SOUSA; AELTON BIASI GIROLDO

### RESUMO

**Introdução:** As características naturais das regiões áridas e semiáridas são propícias para o desenvolvimento de solos salinos. Solos são considerados salinizados quando possuem condutividade elétrica superior a  $4 \text{ dS m}^{-1}$ , entretanto, salinidade em níveis superiores a  $2 \text{ dS m}^{-1}$  já comprometem algumas culturas. Desta forma, remediar os solos salinos de forma a permitir sua recuperação e a continuidade da produção é importante, sendo que a aplicação de biocarvão tem o potencial de melhorar a qualidade química, física e biológica do solo e auxiliar o processo de remoção dos sais solúveis. **Objetivos:** Tendo em vista a importância da atividade agrícola e seu baixo potencial em solos salinos, o presente estudo visa determinar os efeitos da remediação com biocarvão no ciclo de vida das culturas de *Zea mays* L., *Sorghum bicolor* (L.) Moench e *Helianthus annuus* L submetidas a diferentes níveis de irrigação salina. **Material e métodos:** As espécies foram cultivadas em casa de vegetação utilizando o biocarvão nas proporções de 0%, 1% e 2%, e para irrigação foi utilizada água de poço profundo com salinidade média de  $4,5 \text{ dS m}^{-1}$ , sendo esta utilizada no tratamento salino, água não salinizada obtida do sistema de abastecimento municipal (salinidade aproximada de  $0,039 \text{ dS m}^{-1}$ ), e a com salinidade intermediária pela mistura dessas duas até que a salinidade obtida fosse de  $2,5 \text{ dS m}^{-1}$ . **Resultados:** O biocarvão não se mostrou eficiente na fitorremediação, tal fato se deve provavelmente a ausência de processo de ativação durante sua produção. De forma geral, os pigmentos das espécies foram negativamente afetados pela salinidade da água, bem como sua biomassa e área foliar específica. **Conclusão:** Futuros estudos utilizando biocarvão devem focar em métodos de ativação que permita a absorção de sal, que para assim sejam utilizados na remediação de solos e aproveitamento de águas salinizadas.

**Palavras-chave:** salinidade; carvão; remediação.

### ABSTRACT

The natural characteristics of arid and semi-arid regions, where soils have poor drainage conditions and the presence of soluble salts, are favorable for the development of saline soils. Soils are considered saline when they have an electrical conductivity higher than  $4 \text{ dS m}^{-1}$ ; however, salinity at levels higher than  $2 \text{ dS m}^{-1}$  already compromises some crops, negatively impacting their germination, survival, growth, photosynthesis rate, and reproduction. The application of biochar has the potential to improve the chemical, physical and biological quality of the soil and assist the process of removal of soluble salts, with significant improvements in soil microbiota, reduction of density, particle aggregation, and also improvement in water infiltration. Considering the importance of the agricultural activity and

its low potential in saline soils, the present study aims to determine the effects of remediation with biochar on the life cycle of crops of *Zea mays* L., *Sorghum bicolor* (L.) Moench and *Helianthus annuus* L submitted to different levels of saline irrigation. Biochar was not efficient in phytoremediation, probably due to the absence of an activation process during its production. In general, the pigments of the species were negatively affected by the salinity of the water, as well as their biomass and specific leaf area. Future studies using biochar should focus on activation methods that allow salt absorption, so that it can be used in soil remediation and in the use of saline water.

**Key Words:** salinity; charcoal; remediation.

## INTRODUÇÃO

As características naturais das regiões áridas e semiáridas são propícias para o desenvolvimento de solos salinos. Esses solos apresentam más condições de drenagem, presença de sais solúveis e/ou sódio trocável em horizontes ou camadas superficiais. Em 2017 essa adversidade já afetava cerca de 100 países e uma área total de 25% das terras pelo mundo (RIBEIRO; FILHO; JACOMINE, 2010; SUN *et al.*, 2017). Os solos são considerados salinizados quando possuem condutividade elétrica superior a 4 dS m<sup>-1</sup> (OSMAN, 2018), entretanto, mesmo níveis de salinidade superiores a 2 dS m<sup>-1</sup> já comprometem algumas culturas (BRESLER; MCNEAL; CARTER, 1982), e por este motivo o processo de salinização é de grande interesse agrícola e ecológico.

A salinização pode comprometer negativamente a germinação, sobrevivência, crescimento, taxa de fotossíntese e reprodução das plantas (DE OLIVEIRA; ALENCAR; GOMES-FILHO, 2013). Espécies como o milho (*Zea mays* L.), sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e girassol (*Helianthus annuus* L.) são facilmente encontradas no nordeste brasileiro, e a salinidade afeta seu desenvolvimento e produção em níveis diferentes. Por exemplo, o milho tolera salinidade de 1,7 dS m<sup>-1</sup> (KADDAH; GHOWAIL, 1964), o sorgo de 5 dS m<sup>-1</sup> (COELHO *et al.*, 2014) e o girassol de 4,8 dS m<sup>-1</sup> (FRANCOIS, 1996), com perda, respectivamente, de 12, 8 e 5% na produção por cada dS m<sup>-1</sup> aumentado.

A continuidade da produção pode ser garantida pela remediação dos solos que estão afetados pela presença de sais. Existem materiais no mercado para esse fim, o mais usado é o gesso por sua fácil aquisição e facilidade de uso (ARAÚJO *et al.*, 2017). Entretanto, estudos recentes apontam o biocarvão como uma fonte de matéria orgânica eficaz para recuperação do solo salinizado, com potencial de melhoria significativa na microbiota do solo e no processo de remoção dos sais solúveis (KUPPUSAMY *et al.*, 2016).

## OBJETIVOS

Determinar os efeitos da remediação com biocarvão no ciclo de vida de três culturas submetidas a diferentes níveis de irrigação salina.

## MATERIAIS E MÉTODOS

Sementes de *Zea mays* L. (milho), *Sorghum bicolor* (L.) Moench (sorgo) e *Helianthus annuus* L. (girassol) foram obtidas em casas agropecuárias e semeadas em casa de vegetação, em substrato composto por 47% de latossolo vermelho, 47% de areia para permitir melhor drenagem e 6% de matéria orgânica, proveniente de compostagem com esterco bovino e capim, além de biocarvão nas proporções de 0%, 1% e 2%. Essa proporção foi escolhida de forma a evitar que lixiviação de nitrogênio e volatilização de amônia (SUN *et al.*, 2017). O substrato foi alocado em vasos com capacidade de 25 litros e, posteriormente, foram semeadas 5 sementes por vaso. Os vasos foram colocados de forma totalmente aleatória dentro da casa de vegetação. Após a germinação e estabelecimento foi mantida em cada vaso

somente a planta de maior tamanho, sendo removida as outras mudas, afim de evitar competição.

Além de três tipos de substrato (carvão a 0%, 1% e 2%) e das três espécies (milho, sorgo e girassol), o experimento foi conduzido com três diferentes tipos de água para irrigação (água salina, intermediária e não salina) (Design Fatorial 3x3x3 – com cinco repetições por tratamento), totalizando 135 vasos. Na irrigação foi utilizada água de poço profundo com salinidade média de 4,5 dS m<sup>-1</sup>, sendo esta utilizada no tratamento salino. A água não salinizada foi obtida do sistema de abastecimento municipal (salinidade aproximada de 0,039 dS m<sup>-1</sup>), e a com salinidade intermediária pela mistura da água do poço e do sistema de abastecimento até que a salinidade obtida fosse de 2,5 dS m<sup>-1</sup>. Para garantir que não houvesse excesso ou falta de água na irrigação em cada vaso foi realizada, previamente, uma curva de retenção de água para cada tipo de substrato, utilizando-se tensiômetros conforme método descrito em Cassel; Klute (1986). Este método tem a vantagem de ser econômico e de alta acurácia (DOBRIYAL *et al.*, 2012). Após criação da curva de retenção de água, os tensiômetros foram instalados em cada tratamento. Diariamente, antes da irrigação manual, a pressão em cada tensiômetro foi verificada e determinada a quantidade de água a ser ministrada em cada vaso.

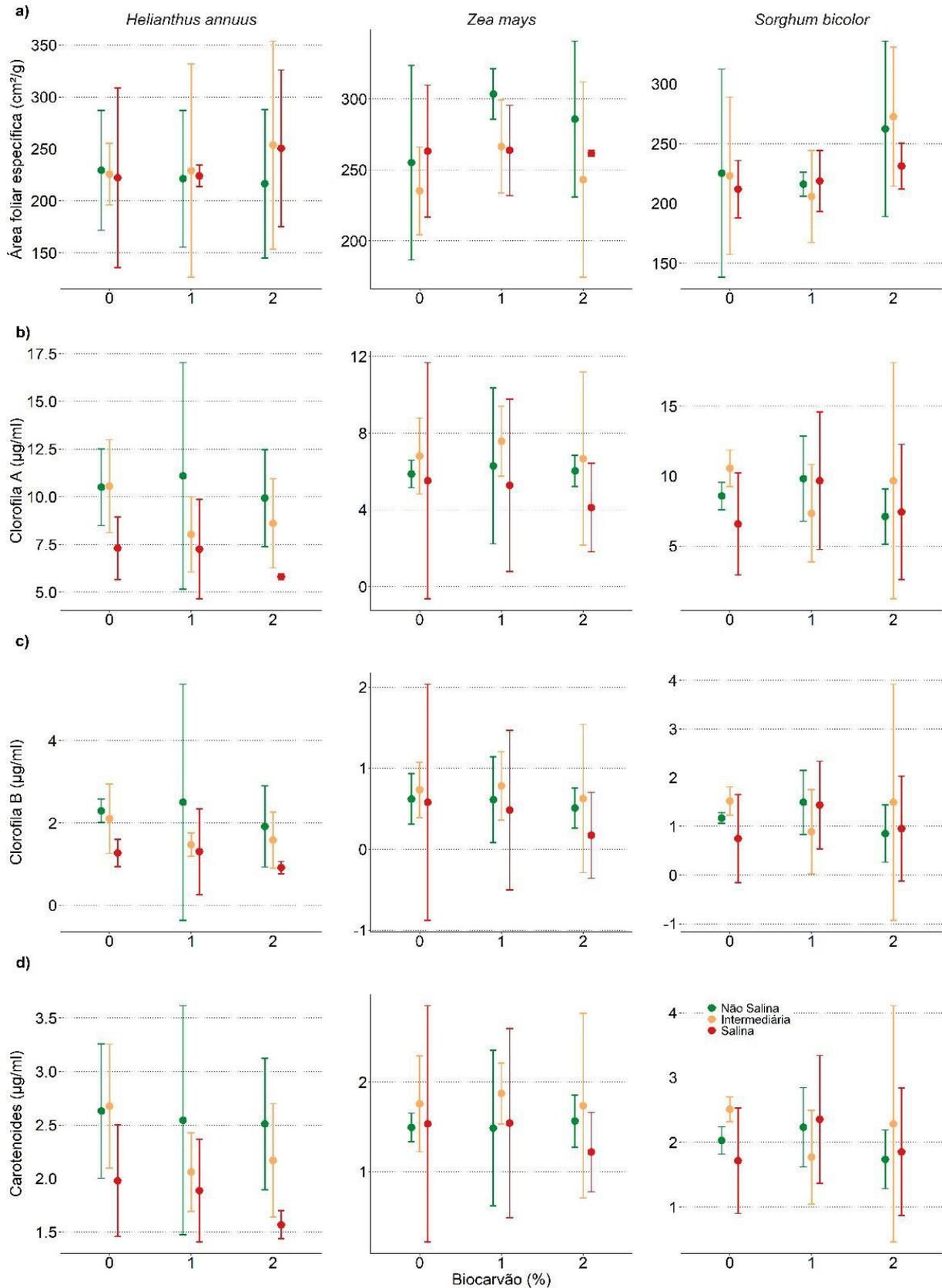
Para verificar os efeitos do biocarvão e da irrigação salina nas diferentes espécies na germinação, foi verificado em cada vaso nos primeiros 30 dias diariamente quais e quantas sementes germinaram. Para verificar os efeitos do biocarvão e da água salina nas concentrações de pigmentos foliares das espécies foi coletada a folha mais jovem e totalmente expandida de cada planta em cada vaso, 60 dias após a data de plantio, seguindo a metodologia encontrada em Porra (2002) e Wellburn (1994). A mesma folha utilizada para coleta dos pigmentos foliares também foi utilizada para o cálculo da área foliar específica. As plantas foram coletadas 90 dias após o plantio e foram pesadas parte aérea e radicular em balança digital e logo em seguida colocadas em estufa de circulação de ar forçado a 80°C por 72 horas para obter a biomassa seca. Para verificar se houve diferenças nas diferentes características morfofisiológicas das espécies (biomassa aérea e radicular – úmida e seca, concentrações de pigmentos foliares), entre os tipos de irrigação, e entre os substratos foi utilizado a análise de variância (ANOVA), para cada variável dependente. As estatísticas inferencial e descritiva foram executadas no programa R (R CORE TEAM, 2022).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A área foliar específica (AFE) do milho (figura 1a) foi maior nas plantas irrigadas com água não salina ( $\bar{x} \pm dp = 281,398 \pm 27,815 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ;  $F_{2,18} = 7,679$ ,  $p = 0,004$ ). A AFE é usada frequentemente para analisar o crescimento vegetal por estar positivamente relacionado à taxa de crescimento relativa entre as espécies (PEREZ-HARGUINDEGUY *et al.*, 2013), e a salinidade reduz o crescimento vegetal (MUNNS, 2002). As plantas cultivadas em solo com 1% de carvão ( $\bar{x} \pm dp = 277,829 \pm 21,608 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ;  $F_{2,18} = 4,959$ ,  $p = 0,019$ ) tiveram AFE maiores que as demais plantas. O sorgo (figura 1a) apresentou área foliar específica maior nas plantas com substrato contendo 2% de carvão ( $\bar{x} \pm dp = 255,392 \pm 26,815 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ ;  $F_{2,18} = 10,589$ ,  $p < 0,001$ ). O biocarvão pode promover o crescimento das plantas devido à modificação na resistência de tração do solo causado pela sua área superficial e alta porosidade (BREWER *et al.*, 2014), além disso pode melhorar as qualidades física, química e biológica do solo, o que facilita a remoção dos sais solúveis e favorece o desenvolvimento vegetal através do aumento do metabolismo do N e hormônios promotores de crescimento (KUPPUSAMY *et al.*, 2016; FARHANGI-ABRIZ; TORABIAN, 2017). Entretanto a resposta da AFE das culturas aos incrementos de biocarvão não parece ser linear, e cada cultura pode responder ou não a introdução do biocarvão.

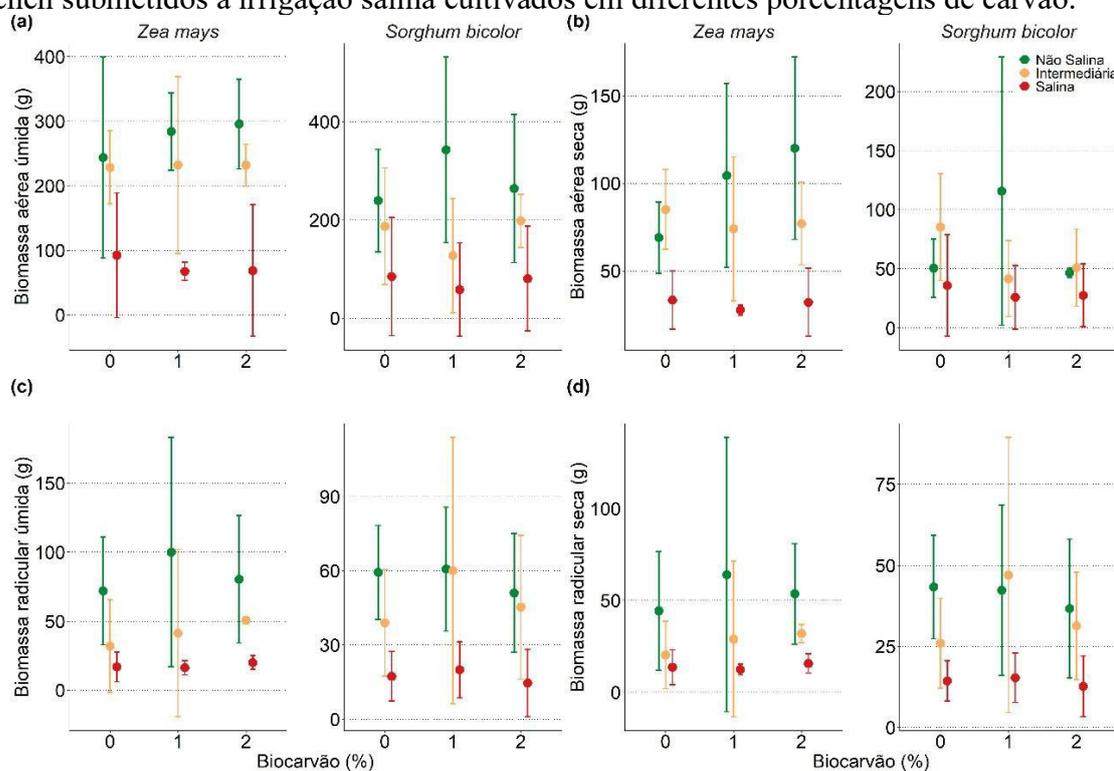
As concentrações de biocarvão não afetaram em nenhuma das espécies as concentrações de pigmentos foliares (figura 1). Além disso, a salinidade da água afetou as concentrações de pigmentos foliares do milho e do girassol (Milho – Clorofila A -  $F_{2,18} = 4,827$ ,  $p = 0,021$ ; Girassol – Clorofila A -  $F_{2,18} = 31,585$ ,  $p < 0,001$ ; Clorofila B -  $F_{2,18} = 12,267$ ,  $p < 0,001$ ; Carotenoides -  $F_{2,18} = 22,831$ ,  $p < 0,001$ ). Para o milho, entretanto é importante destacar que as concentrações de clorofila A diminuíram em salinidade mais altas e com ausência de sais, e foi maior em salinidade intermediária. Clorofilas são pigmentos naturais verdes especializados na absorção de luz, e os teores desses pigmentos estão ligados à eficiência fotossintética, ao crescimento e à adaptação da planta a ambientes variados, quanto maior o teor de clorofila, melhor o desempenho agrônômico da planta (JACOBINA *et al.*, 2015; VIEIRA, 2019), e o estresse salino deveria diminuir o teor de clorofila A devido a inibição de enzimas específicas responsáveis pela sua síntese (HIDRI *et al.*, 2016), o que demonstra que o milho possui tolerância a este tipo de estresse, uma vez que as plantas podem apresentar inúmeros mecanismos para manter sua homeostase sob estresse salino, entre eles mecanismos de restrição envolvidos na absorção de sal (PARIHAR *et al.*, 2015).

**Figura 1:** Relações entre área específica foliar (a), clorofila A (b), clorofila B (c) e carotenoides (d) de *Zea mays* L., *Sorghum bicolor* (L.) Moench e *Helianthus annuus* L. submetidos à irrigação salina cultivados em diferentes porcentagens de carvão.



Em relação a biomassa, após 60 dias, todos os girassóis estavam mortos, dessa forma a sua biomassa não foi analisada. O biocarvão não influenciou a biomassa radicular ou aérea de nenhuma das espécies. O biocarvão para remoção de sais da água de irrigação precisa passar pelo processo de ativação na sua produção (ROSTAMIAN *et al.*, 2015), e provavelmente por não ter sido ativado, o biocarvão deste estudo não se mostrou eficiente. A salinidade da água afetou negativamente a biomassa aérea e radicular do sorgo (figura 2) (Aérea úmida -  $F_{2,18} = 39,918$ ,  $p < 0,001$ ; aérea seca -  $F_{2,18} = 10,744$ ,  $p < 0,001$ , radicular úmida -  $F_{2,18} = 35,038$ ,  $p < 0,001$ , radicular seca -  $F_{2,18} = 25,350$ ,  $p < 0,001$ ) e do milho (aérea úmida -  $F_{2,18} = 71,861$ ,  $p < 0,001$ ; aérea seca -  $F_{2,18} = 63,573$ ,  $p < 0,001$ ; radicular úmida -  $F_{2,18} = 36,401$ ,  $p < 0,001$ ; radicular seca -  $F_{2,18} = 21,637$ ,  $p < 0,001$ ), e de forma geral as plantas irrigadas com salinidade mais alta tiveram menor biomassa. A salinização gera impactos no crescimento e produção das plantas (GORHAM, 1992; DE OLIVEIRA; ALENCAR; GOMES-FILHO, 2013).

Figura 2: Relações entre biomassa aérea úmida (a), biomassa aérea seca (b), biomassa radicular úmida (c) e biomassa radicular seca (d) de *Zea mays* L. e *Sorghum bicolor* (L.) Moench submetidos à irrigação salina cultivados em diferentes porcentagens de carvão.



Os efeitos da salinização podem ser divididos em fase osmótica, que se inicia imediatamente após o aumento das concentrações de sais no entorno das raízes, normalmente em um limiar superior a 40mM NaCl para a maioria das plantas. Nesta fase o crescimento do caule reduz significativamente, as folhas novas reduzem a expansão e emergem lentamente (MUNNS; TESTER, 2008), ocorre o fechamento dos estômatos, inibição da divisão e expansão celular (ZHU, 2001; PARIDA; DAS, 2005), as gemas e ramos se desenvolvem mais lentamente ou se mantêm quiescente, e as raízes mantêm o desenvolvimento. Essas respostas parecem ocorrer para que a planta reduza o uso da água, mantendo a umidade do solo e

reduzindo o aumento da concentração de sais no solo (MUNNS; TESTER, 2008). Na segunda fase, fase iônica-específica, ocorre o acúmulo de íons tóxicos nas folhas velhas, que logo morrem. Se a fenologia foliar for alterada, de forma que a mortalidade das folhas ocorra numa taxa maior que o desenvolvimento e expansão de novas folhas, as taxas de fotossíntese irão reduzir, promovendo uma redução ainda maior no crescimento. O estresse osmótico, da primeira fase, tem um efeito imediato sobre o crescimento, e este efeito é maior que o estresse iônico gerado tardiamente (MUNNS; TESTER, 2008; DEINLEIN *et al.*, 2014). Desta forma, embora o sorgo e milho tenham alguma tolerância ao estresse salino, as concentrações salinas afetam seu desenvolvimento.

## CONCLUSÃO

O biocarvão não demonstrou efeitos fitorremediadores, muito provavelmente pela ausência de ativação no seu processo de fabricação. A salinidade afetou negativamente as espécies estudadas, sendo que o girassol nem mesmo conseguiu sobreviver por 60 dias. O sorgo e milho, embora ainda vivos após os 60 dias, tiveram reduções significativas no crescimento aéreo e radicular. Novos ensaios, com biocarvão ativado podem resultar em melhorias no crescimento vegetal. É essencial que a busca por soluções de baixo custo para aprimorar a produção no semiárido e em regiões com água salina seja continuada.

## REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, MM de; SOUSA, G. M.; RODRIGUES, L. R. C. C. Técnicas utilizadas na recuperação de solos afetados por sais. **Revista de Agroecologia no Semiárido**, v. 1, n. 2, p. 1-11, 2017.
- BRESSLER, Eshel; CARTER, David L.; MCNEAL, Brian Lester. **Saline and sodic soils: principles, dynamics, modeling**. Springer-Verlag, 1982.
- BREWER, Catherine E. et al. New approaches to measuring biochar density and porosity. **Biomass and bioenergy**, v. 66, p. 176-185, 2014.
- CASSEL, D. K.; KLUTE, Arnold. Water potential: tensiometry. **Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods**, v. 5, p. 563-596, 1986.
- COELHO, Daniela S. et al. Germinação e crescimento inicial de variedades de sorgo forrageiro submetidas ao estresse salino. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 18, n. 1, p. 25-30, 2014.
- DE OLIVEIRA, Alexandre Bosco; ALENCAR, Nara Lídia Mendes; GOMES-FILHO, Enéas. Comparison between the water and salt stress effects on plant growth and development. **Responses of organisms to water stress**, v. 67, 2013.
- DEINLEIN, Ulrich et al. Plant salt-tolerance mechanisms. **Trends in plant science**, v. 19, n. 6, p. 371-379, 2014.
- DOBRIYAL, Pariva et al. A review of the methods available for estimating soil moisture and its implications for water resource management. **Journal of Hydrology**, v. 458, p. 110-117, 2012.
- FARHANGI-ABRIZ, Salar; TORABIAN, Shahram. Antioxidant enzyme and osmotic adjustment changes in bean seedlings as affected by biochar under salt stress. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 137, p. 64-70, 2017.

- FRANCOIS, Leland E. Salinity effects on four sunflower hybrids. **Agronomy Journal**, v. 88, n. 2, p. 215-219, 1996. HIDRI, R. et al. Impact of microbial inoculation on biomass accumulation by *Sulla carnosa* provenances, and in regulating nutrition, physiological and antioxidant activities of this species under non-saline and saline conditions. **Journal of plant physiology**, v. 201, p. 28-41, 2016.
- JACOBINA, S. et al. Clorofila A e B, Clorofila total e sua relação com área foliar total em mudas de Caju. In: **Congresso Brasileiro de Ciência do Solo**. 2015. p. 1-4.
- KADDAH, Malek T.; GHOWAIL, Salma I. Salinity effects on the growth of corn at different stages of development 1. **Agronomy Journal**, v. 56, n. 2, p. 214-217, 1964.
- KUPPUSAMY, Saranya et al. Agronomic and remedial benefits and risks of applying biochar to soil: current knowledge and future research directions. **Environment international**, v. 87, p. 1-12, 2016.
- MUNNS, Rana. Comparative physiology of salt and water stress. **Plant, cell & environment**, v. 25, n. 2, p. 239-250, 2002.
- MUNNS, Rana; TESTER, Mark. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual review of plant biology**, v. 59, p. 651, 2008.
- OSMAN, Khan Towhid. Saline and sodic soils. In: **Management of soil problems**. Springer, Cham, 2018. p. 255-298. PORRA, Robert J. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. **Photosynthesis research**, v. 73, n. 1, p. 149-156, 2002.
- PARIDA, Asish Kumar; DAS, Anath Bandhu. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. **Ecotoxicology and environmental safety**, v. 60, n. 3, p. 324-349, 2005.
- PARIHAR, Parul et al. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. **Environmental science and pollution research**, v. 22, n. 6, p. 4056- 4075, 2015.
- PEREZ-HARGUINDEGUY, N. et al. New handbook for standardised measurement of plant functional traits worldwide. *Aust. Bot.* 61, 167-234. 2013.
- PORRA, R. J. The chequered history of the development and use of simultaneous equations for the accurate determination of chlorophylls a and b. **Photosynthesis Research**, v. 73, n. 1, p. 149-156, jul. 2002.
- RIBEIRO, Mateus R.; RIBEIRO FILHO, M. R.; JACOMINE, P. K. T. Origem e classificação dos solos afetados por sais. **Manejo da salinidade na agricultura: estudos básicos e aplicados. Fortaleza: INCTSal**, p. 12-19, 2010.
- ROSTAMIAN, R. et al. Characterization and Sodium Sorption Capacity of Biochar and Activated Carbon Prepared from Rice Hus. 2018.
- SUN, Haijun et al. Biochar applied with appropriate rates can reduce N leaching, keep N retention and not increase NH<sub>3</sub> volatilization in a coastal saline soil. **Science of the Total Environment**, v. 575, p. 820-825, 2017.

TEAM, R. Core. R: A language and environment for statistical computing (Computer software) (Version 4.0. 2). R Foundation for Statistical Computing. 2022.

VIEIRA, Júlia Queiros. Utilização de diferentes tipos e doses de biocarvão na relação solo/planta em milho. 2019.

WELLBURN, Alan R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal of plant physiology**, v. 144, n. 3, p. 307-313, 1994.

ZHU, Jian-Kang. Plant salt tolerance. **Trends in plant science**, v. 6, n. 2, p. 66-71, 2001.